

# 콘크리트-폴리머 복합체에 관한 연구동향 분석

연구석\*

김광우\*\*

김관호\*\*\*

박순무\*\*\*

## 1. 서론

콘크리트-폴리머복합체는 (Concrete - Polymer Composite)는 최근 들어 건설산업용 신소재로서 관심을 끌고 있는 재료이다. 이에 대한 연구는 1950년대 초반부터 시작되었으나 학문적인 체계를 갖추고 연구되기 시작한 것은 1970년대 초라고 할 수 있다. 이것은 폴리머 시멘트콘크리트 (Polymer Cement Concrete; PCC), 폴리머 콘크리트 (Polymer Concrete; PC), 폴리머 함침 콘크리트 (Polymer Impregnated Concrete; PIC)로 구분되고 있다. 이들은 재료의 특성이 서로 다르고, 그 용도에 있어서도 차이를 보이고 있다. 특히 제조법이나 그 성능에 관한 연구가 각기 다른 관점에서 이루어지고 있을 뿐만 아니라 아직 경력이 낮은 재료이므로 각국에서의 연구동향을 파악하는 것은 앞으로의 연구방향 설정을 위해 매우 중요하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 개최된 국제학술회의에서 발표된 논문을 대상으로 하여 그 연구내용을 분석함으로써 금후에 이 분야를 전공코저하는 연구자들의 연구영역설정에도움을 주고자 한다.

## 2. 분석자료 및 방법

콘크리트-폴리머 복합체와 관련된 논문들은 ACI, JCI를 비롯한 각종 콘크리트 관련된 학회지에 발표되고 있다. 콘크리트-폴리머 복합체와 관련된 논문만 전문적으로 게재하고 있는 것들은 ACI Committee 548에서 발행하고 있는 Special Publication과 이와 관련된 각종 워크샵, 세미나, 국제학술회의시 발행된 자료 및 논문집이다. 이와같이 콘크리트-폴리머 복합체에 관한 논문들은 다양하게 게재·발표되고 있기 때문에 이들 논문들 모두 수집하여 연구동향을 분석하기란 여간 어렵지 않다.

따라서 본 연구에서는 이와같은 제약요건이 있음을 감안하여 1975년 부터 2-3년 간격으로 개최된 국제학술회의 (International Congress on Polymers in Concrete; ICPIC)에서 발표된 논문들을 대상으로 하여 그 연구 동향을 분석하고자 한다.

이같이 국제학술회의에서 발표된 논문들을 대상으로 분석한 이유는 이 분야의 전문가 대부분이 국제학술회의에 정기적으로 참가하여 새로운 논문을 발표하고 있을 뿐만 아니라, 특

\* 강원대학교 농공학과 교수

\*\* 강원대학교 농공학과 조교수

\*\*\* 강원대학교 대학원 석사과정

히 국제학술회의에서 발표되는 논문의 숫자가 다른 학술지 보다 월등히 많아 충분한 연구동향의 파악이 가능하다는데 근거를 두고 있다.

분석방법은 7회에 걸쳐 발표된 콘크리트-폴리머 복합체에 관한 논문의 내용을 기초, 응용 및 기타의 영역으로 나누고, 기초부분은 제조법과 특성연구, 응용부분은 제품과 현장 적용연구로 구분하여 분류하였다. 그리고 기타영역에는 각국의 연구동향보고, 전반적인 개념연구, 유황콘크리트와 같이 분류가 곤란한 것들을 포함시켰다.

내용분석은 저자의 주관적인 기준에 의해 이루어졌으므로 완전한 객관성을 보장 받기 어려운 점도 있으나 가급적 객관적인 분석이 되도록 최선을 다하였다.

### 3. 국제학술회의 개최실적

콘크리트-폴리머 복합체에 관한 국제학술회의는 2-3년 간격으로 열리고 있다. 런던에서 The Concrete Society 주관으로 처음 개최된 이래, 2회는 1978년 텍사스에서, 3회는 1981년 일본의 고리야마에서, 4회는 1984년 독일의 다름슈타트에서, 5회는 1987년 영국의 브라이턴에서, 6회는 1990년 중국의 상해에서, 7회는 1992년 CIS의 모스크바에서 개최되었으며, 8회는 1995년 벨기에에서 있을 예정이다.

국제학술회의에서 개최된 논문의 총 편수는 549편이고, 매회 발표된 논문수는 39-120편으로서 커다란 차이를 보이고 있으며, 참가국수는 10-19개국 정도에 불과하다. 국가별 발표 논문수를 보면 대부분의 경우 주최국에서 많은 논문을 발표했는데, 영국에서 개최된 1회와 5회 학술회의를 제외하고는 주최국의 논문이 거의 절반에 이르거나 이를 상회하였다.

지금까지의 게재 논문수에 대한 국가별 비율을 보면, 영국, 미국, 독일, 일본, 중국, CIS 등 국제회의 개최국들이 단연 높게 나타났으며, 나머지 국가들은 매회 10편 미만의 적은

논문 발표수를 보여, 이 분야에 대한 연구에 국가별 편중화 경향을 보이고 있다.

### 4. 발표논문 내용분석

지금까지 7회에 걸쳐 개최된 국제학술회의에서 발표된 콘크리트-폴리머 복합체의 종류별 발표논문 구성비를 살펴보면 그림1에서와 같이 총 논문 549편 중 폴리머 콘크리트(PC)가 278편으로 51%, 폴리머 시멘트 콘크리트(PCC)가 133편으로 24%, 폴리머 합침 콘크리트(PIC)가 74편으로 13%, 기타가 64편으로 12%를 차지했다.

한편, 콘크리트-폴리머 복합체의 종류별 연구논문 발표추이를 보면 그림2에서와 같이 1회 및 2회에는 PCC, PC, PIC가 큰 차이를 보이지 않았으나 3회부터는 종류별 발표논문수의 차이가 크게 나타났다. 즉, PC에 관한 논문수는 뚜렷히 증가한데 비해 PIC는 계속적으로 저조한 논문수를 보였으며, PCC는 6회부터 증가하는 경향을 보였다.

연구논문 발표 추이를 종류별로 나타내보면 그림3, 그림4 및 그림5와 같다. PCC에 대하여 살펴보면 그림3에서와 같이 제조법과 특성에 관한 기초연구가 주류를 이루고 있는데, 특히 제조법에 관한 비중이 크게 나타났다. 이에 비해 응용에 있어서는 제품제조가 없고 현장이용에 관한 연구논문이 대부분이었다. 이는 PCC가 주로 보수용, 방수용이나 접착용으로 이용되는 용도의 특성과 밀접한 관계가 있다고 분석된다.

PC에 대하여 살펴보면 기초연구가 응용연구보다 4회 때를 제외하고는 우세하였다. 기초연구에 있어서는 특성에 관한 것이 제조법에 대한 것보다 많았으며, 응용연구에 있어서는 현장이용이 제품제조 보다 약간 많은 것으로 나타났다. 그러나 PCC보다는 기초와 응용연구가 비교적 균형적으로 이루어짐을 알 수 있었으며, 이는 PC의 용도가 현장은 물론 공장제품 제조에도 많이 이용되고 있는 추세와 관련이 깊은 것으로 사료된다.

PIC에 대해 살펴보면 총 발표논문수가 PCC와 PC에 비해 상당히 적은 것이 특징이다. 기초연구가 응용연구 보다 많은데, 4회와 5회 때는 응용연구가 1편도 발표되지 않았다.

그리고 기초연구는 특성에 관한 연구가 주류를 이루고 있으며, 응용연구에서는 제품보다 현장적용에 관한 연구가 많이 발표되었다. PIC가 PCC나 PC보다 발표논문수가 적은 것은 PIC가 갖는 용도의 제한성, 제조법의 난이성 등에 기인하기 때문인 것으로 분석된다.

## 5. 결 론

지금까지 개최된 ICPIC의 논문집에 발표된 549편의 논문을 대상으로 하여 콘크리트-폴리머 복합체에 관한 연구동향을 분석하여 보았던 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 국가별 발표 논문수에 있어서는 국제회의를 개최한 영국, 미국, 일본, 독일, 중국, CIS 등이 많은 비중을 차지해 연구의 국가별 편중화 경향을 보였다.

② 콘크리트-폴리머 복합체의 종류별 발표논문 구성비는 PC가 51%, PCC가 24%, PIC가 13%, 기타가 12%를 차지했다.

③ PCC, PC, PIC 모두 기초연구가 주류를 이루고 있었으나, PC의 경우는 응용연구도 상당히 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

④ 기초연구에 있어서는 특성에 관한 연구가 주로 이루어졌으며, 응용연구에 있어서는 PCC와 PIC의 경우 현장적용에 관한 것이 대부분이었으나 PC는 현장과 공장제품에 관한 연구가 비슷한 비율을 보였다.

### <참고 자료>

① The Concrete Society, "Proceedings of the First International Congress on Polymers in Concrete", London, U.K. (1975)

② The University of Texas at Austin,

"Proceedings of the Second International Congress on Polymers in Concrete", Texas U.S.A. (1978)

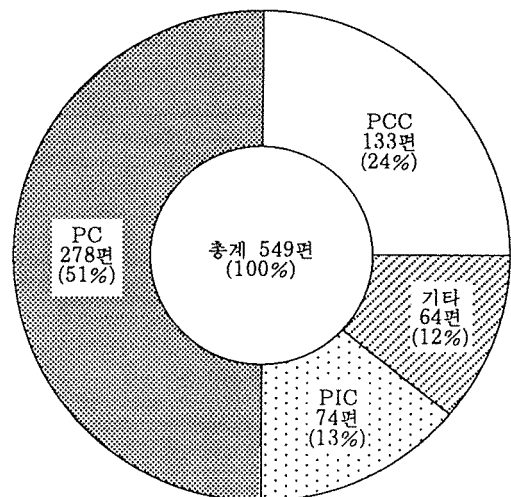
③ Nihon University, "Proceedings of the Third International Congress on Polymers in Concrete", Koriyama, Japan (1981)

④ Technische Hochschule Darmstadt, "Proceedings of the Fourth International Congress on Polymers in Concrete", Darmstadt, Germany (1984)

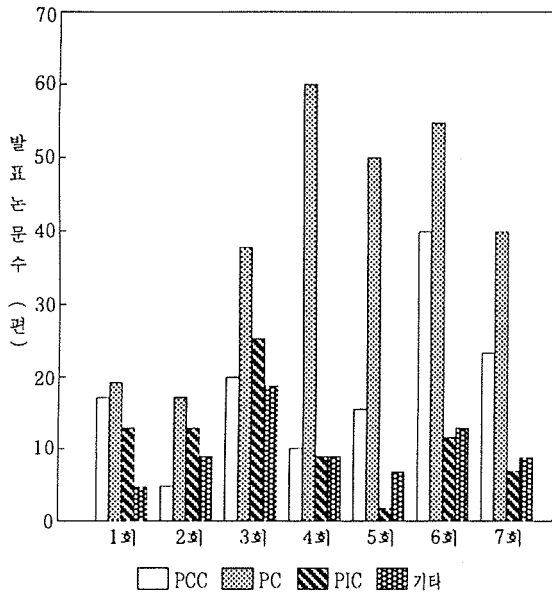
⑤ Brighton Polytechnic, "Proceedings of the Fifth International Congress on Polymers in Concrete", Brighton, U.K. (1987)

⑥ Tongji University, "Proceedings on Polymers in Concrete", Shanghai, China (1990)

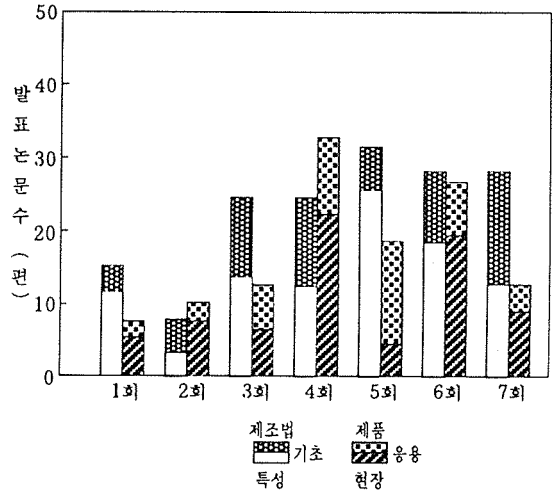
⑦ Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete, "Proceedings of the Seventh International Congress on Polymers in Concrete", Moscow, CIS, (1992)



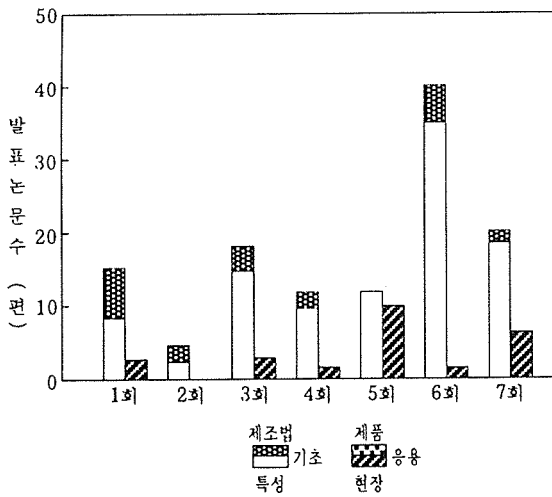
<그림 1> 콘크리트-폴리머 복합체의 종류별 발표논문 구성



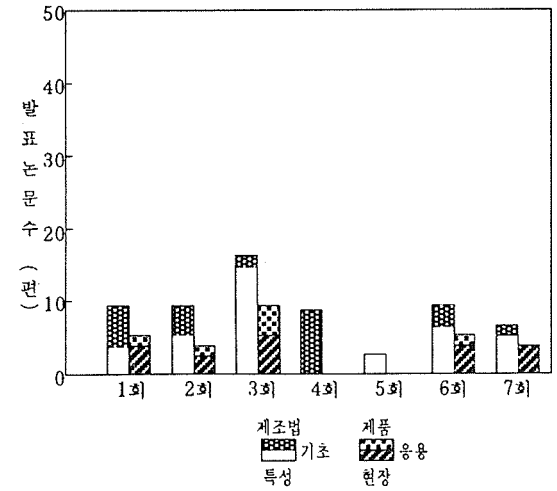
<그림 2> 콘크리트-폴리머 복합체의 종류별 연구논문 발표추이



<그림 4> 폴리머 콘크리트에 관한 연구논문 발표추이



<그림 3> 폴리머 시멘트 콘크리트에 관한 연구논문 발표추이



<그림 5> 폴리머 함침 콘크리트에 관한 연구논문 발표추이

<표 1> ICPIE 개최실적

회 수	개최 장소	총발표 논문수 (편)	국가별 발표수(편)	주 관
1회 (1975. 5.5-7)	영국, 런던	53	영국 15 미국 8 일본 7 독일 6 호주 4 이탈리아 2 인디아 1 스페인 1 타일랜드 1 폴란드 1 스위스 1 불가리아 1 노르웨이 1 프랑스 1 루마니아 1 남아프리카 1 벨기에 1	The Concrete Society
2회 (1978. 10.25-27)	미국, 텍사스	39	미국 24 일본 4 소련(구) 3 독일 2 영국 1 이탈리아 1 인디아 1 폴란드 1 타일랜드 1 캐나다 1	The Univ. of Texas at Austin
3회 (1981. 5.13-15)	일본, 고리야마	98	일본 40 미국 11 소련(구) 10 폴란드 8 중국 6 독일 5 영국 4 스웨덴 3 이탈리아 2 인디아 2 캐나다 2 프랑스 2 이집트 2 스리랑카 1	일본대학 공학부

회 수	개최 장소	총발표 논문수 (편)	국가별 발표수(편)	주 관
4회 (1984. 9.19-21)	독일, 다름슈타트	83	독일 39 일본 11 미국 7 소련(구) 6 폴란드 3 중국 3 영국 2 네덜란드 2 스페인 2 이탈리아 2 캐나다 1 스위스 1 불가리아 1 그리스 1 벨기에 1 인디아 1	Techische Hochschule Darmstadt
5회 (1987. 9.22-24)	영국, 브라이턴	74	영국 16 독일 14 일본 13 미국 12 중국 4 소련(구) 4 스페인 2 스위스 2 이라크 1 이집트 1 포르투갈 1 불가리아 1 남아프리카 1 폴란드 1 한국 1	Brighton Polytechnic
6회 (1990. 9.24-27)	중국, 상해	120	중국 59 소련(구) 15 일본 11 독일 10 미국 6 폴란드 2 영국 2 이집트 2 인디아 2 한국 2	Tongji University

횟 수	개최 장소	총발표 논문수 (편)	국가별 발표수(편)	주 관
			노르웨이 2 이탈리아 1 남아프리카 1 호주 1 파키스탄 1 이스라엘 1 스웨덴 1 네덜란드 1	
7회 (1992. 9.22- 25)	CIS  모스 크바	82	CIS 37 독일 10 미국 6 중국 6 일본 4 노르웨이 2 이탈리아 2	Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete

횟 수	개최 장소	총발표 논문수 (편)	국가별 발표수(편)	주 관
			한국 2 남아프리카 2 캐나다 2 우크라이나 1 리투아니아 1 인디아 1 폴란드 1 호주 1 영국 1 스웨덴 1 벨기에 1 대만 1	
총발표 논문수 계			549 편	

<표 2> ICPIC 논문집 게재내용 분석결과

구 분		1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	계	
PCC	기 초	제조법	7	1	4	2	0	4	2	20
		특 성	8	3	13	7	9	36	17	93
		소 계	15	4	17	9	9	40	19	113
	응 용	제 품	0	0	0	0	0	0	0	0
		현 장	3	0	3	1	8	1	4	20
		소 계	3	0	3	1	8	1	4	20
계		18	4	20	10	17	41	23	133	
PC	기 초	제조법	3	5	9	12	7	11	14	61
		특 성	11	2	15	12	26	17	14	97
		소 계	14	7	24	24	33	28	28	158
	응 용	제 품	2	3	4	14	11	8	10	52
		현 장	3	7	9	21	6	18	4	68
		소 계	5	10	13	35	17	26	14	120
계		19	17	37	59	50	54	42	278	
PIC	기 초	제조법	3	3	1	1	0	3	1	12
		특 성	5	5	14	6	1	5	4	40
		소 계	8	8	15	7	1	8	5	52
	응 용	제 품	1	1	3	0	0	1	0	6
		현 장	3	2	5	0	0	3	3	16
		소 계	4	3	8	0	0	4	3	29
계		12	11	23	7	1	12	8	74	
기 타		4	7	18	7	6	13	9	64	
합 계		53	39	98	83	74	120	82	549	